

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ (АЛЮМИНИЙ ТАНТАЛ)

Плотников А.В., Волкова А.Ю. Иноземцев А.В.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Гринберг Б.А.

ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург, avinz@imp.uran.ru

Процесс сварки взрывом является крайне быстротечным и мало похожим на другие способы соединения материалов. Центральной проблемой является перемешивание в переходной зоне вблизи границы раздела. Структура именно этой зоны определяет возможность сцепления обоих материалов. Перемешивание происходит в результате сильного внешнего воздействия, которое предполагает большую пластическую деформацию, трение поверхностей, влияние кумулятивной струи и другие факторы. Но до сих пор остается неясным, как даже при таком сильном внешнем воздействии успевает произойти перемешивание за столь короткое время, пока длится сварка.

В настоящей работе исследуются сварные соединения металлов алюминий – тантал, которые имеют нормальную взаимную растворимость: (E_p) – плоская и (E_w) – волнообразная границы (рис 1). Работа является продолжением работ [1, 2].

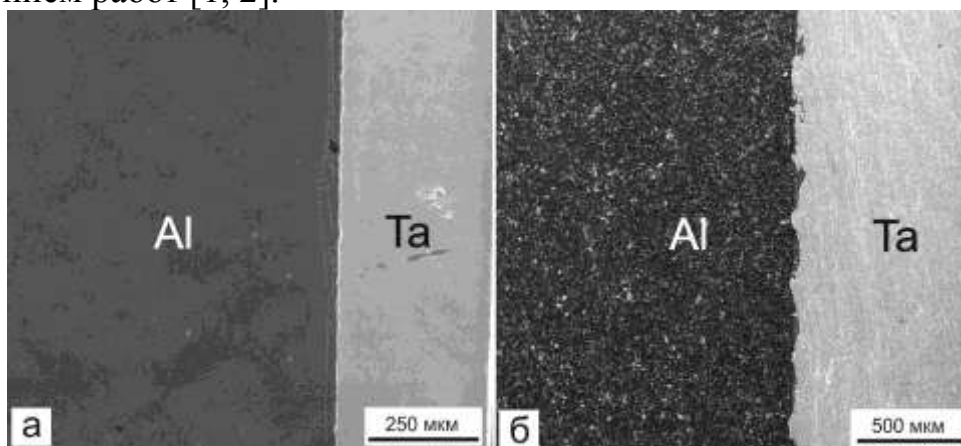


Рис. 1. Поперечный сечения соединений $Al-Ta$: а – плоская граница, б – волнообразная граница

На основе сопоставления полученных результатов с данными о соединениях медь-тантал и железо-серебро [1, 2], мы попытались выявить те процессы, которые являются общими как для металлов, имеющих взаимную растворимость, так и не имеющих ее.

В результате исследования структуры соединений металлов обнаружено, что при сварке взрывом взаимопроникновение материалов осуществляется путем образования выступов, выбрасывания частиц одного материала в другой и формирования зон локального расплавления.

Выступы скорее всего возникают в результате бездиффузионного (из-за быстротечности сварки) выброса одного металла в другой. Они являются своего рода «гвоздями», соединяющими между собой два разнородных металла (Рис. 2).

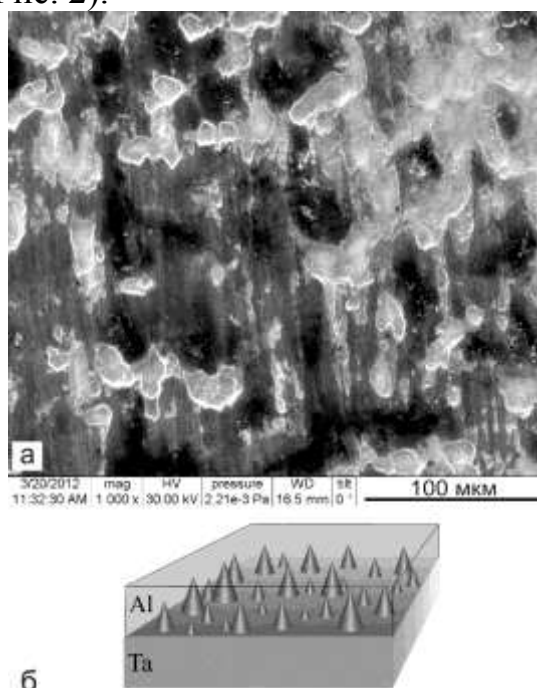


Рис. 2. Наблюдение выступов на границе соединения: а – СЭМ-изображение для соединения *Al-Ta*, б – схематичное изображение выступов

Одной из наиболее интересных структур, является фрагментация при взрыве или фрагментация типа дробления (ФТД) [3], которая представляет собой процесс разделения на частицы, которые либо разлетаются, либо смыкаются друг с другом (Рис. 3). Слабая связь между фрагментами делает возможным повороты и перемещение фрагментов, вылет одного металла в другой, содействует их перемешиванию, а трение между фрагментами инициирует превращение вводимой при взрыве энергии в тепло. ФТД является одним из главных каналов диссипации подводимой энергии.

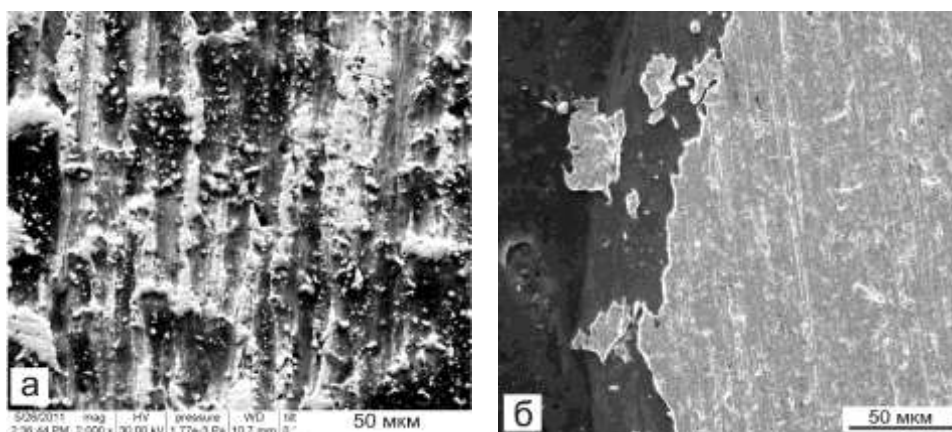


Рис. 3. Наблюдение ФТД: а – на продольном, б – на поперечном сечениях

Расплавление может происходить вдоль всей границы либо в отдельных местах, образуя зоны локального расплавления. В зонах расплавления металлов, имеющих взаимную растворимость, перемешивание происходит на атомном уровне. При отсутствии растворимости зоны представляют собой застывшие коллоидные растворы, тип которых зависит от соотношения температур плавления металлов и температуры на границе раздела при сварке (эмульсия или дисперсионно упрочненная суспензия)[2].

В зоне расплавления соединений *Al-Ta* происходит образование интерметаллической фазы Al_3Ta , согласно дифрактограмме, снятой с продольной поверхности шлифа. Соединение Al_3Ta имеет тетрагональную кристаллическую решетку, пространственная группа $I4/mmm$, структурный тип Al_3Ti . Происходит наноструктурирование зоны перемешивания: размер частиц от 50 нм (Рис. 4).

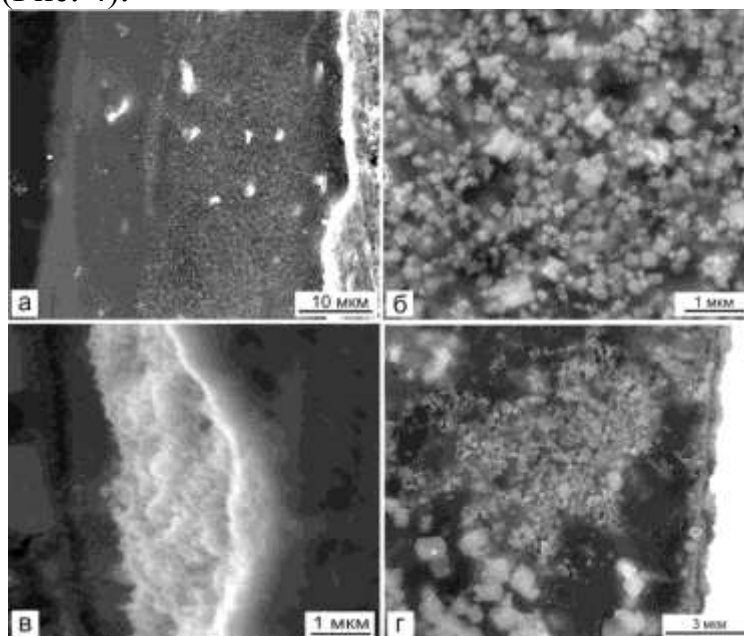


Рис. 4. Изображения зон расплавления в соединениях *Al-Ta*

1. Гринберг Б.А., Елкина О.А., Антонова О.В. и др. Особенности формирования структуры переходной зоны соединения *Cu-Ta*, полученного сваркой взрывом // Автоматическая сварка. 2011. №7. С.24–31.
2. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В. и др. Сварка взрывом: процессы перемешивания металлов, не имеющих взаимной растворимости (железо-серебро) // ФММ, 2012, Т. 113. №11. С.1099–1110.
3. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В. и др. Процессы фрагментации при сварке взрывом // Деформация и разрушение материалов. 2012. №8. С.2–13.